Histoire de l'électricité

Article de la série
Histoire des sciences

Chronologie
Chronologie des sciences
Chronologie de l'astronomie
Sciences de l'Antiquité
Sciences au Moyen Âge
XVe s. - XVIe s.
XVIIe s. - XVIIIe s.
XIXe s. - XXe s.
Thématiques
Sciences grecques
Sciences chinoises
Sciences indiennes
Sciences islamiques
Histoire...
de l'astronomie
des mathématiques
de la biologie
de la médecine
de la physique
→ de l'électricité
de la zoologie & botanique
de l'écologie
des sciences du langage
Voir aussi
Science
Histoire des sciences (discipline)

Philosophie des sciences

Épistémologie

Sociologie des sciences

Histoire des techniques

Méta

Projet

L'**histoire de l'électricité** vue par les humains remonte à la nuit des temps, car l'électricité toujours présente s'est souvent manifestée, par exemple de manière très spectaculaire sous forme d'éclairs. Cet article tente de retracer les tentatives des hommes pour maîtriser ce vecteur d'énergie.

L'électricité et le magnétisme sont deux phénomènes physiques connus depuis des milliers d'années. La théorisation et la compréhension du phénomène électrique est relativement récente, au regard de la très longue période d'applications empiriques, qui elle reste très souvent méconnue.

De la Haute Antiquité à la Renaissance

Le terme « électricité » dérive directement du mot grec « *êlektron* » (ήλεκτρον) qui désigne l'ambre jaune, une résine fossile possédant des propriétés électrostatiques. De la même manière, le terme « électromagnétique » fait référence à la pierre de magnésie, un aimant naturel utilisé dès la Haute Antiquité (Magnésie est à l'origine une cité grecque, aujourd'hui située à l'ouest de la Turquie).

Ces deux racines indiquent que les effets de l'électricité et du magnétisme ont été découverts tôt dans l'histoire de l'humanité. La foudre, l'aimantation naturelle, l'électricité statique de la laine, sont autant de phénomènes que les Hommes apprirent à connaître et à utiliser.

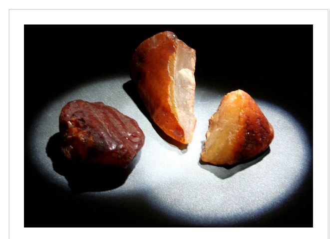
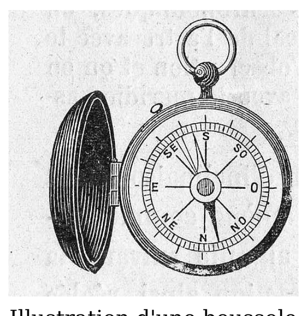
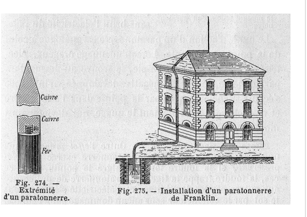

Morceaux d'ambre jaune



Illustration des propriétés électrostatiques de la résine frottée


Illustration d'une boussole


L'invention de Benjamin Franklin le paratonnerre

L'électricité et le magnétisme en Grèce

Chez les Hellènes, vers 600 av. J.-C., Thalès de Milet se voit attribuer la paternité de la réflexion sur l'électricité, plus précisément sur l'électricité statique et le magnétisme. Toutefois, seuls des textes apocryphes témoignent de son intérêt pour ces phénomènes (c'est Diogène Laërce, au IIIe siècle, qui rapporte les propos d'Hérodote et d'Hypias sur le savant grec). D'après ces textes, Thalès semblait accorder « une âme aux choses qu'on

croyait inanimées ». La triboélectricité était déjà connue, mais ne pouvait être expliquée autrement que par une vision animiste de la matière, ses propriétés physiques étant alors inaccessibles.

L'utilisation du magnétisme en Chine

En Chine, les propriétés magnétiques sont utilisées par les devins à partir des IIe et Ier siècle av. J.-C., pour fabriquer des tables de divinations *magiques*. De là dérive la première boussole qui indique le sud, elle est perfectionnée après le Ier siècle de notre ère. La boussole sera progressivement utilisée pour la construction et la navigation. De plus, on découvre sous la dynastie Tang (618-907) la discordance entre pôles nord/sud magnétiques et géographiques. Récupérée par les Arabes, la boussole arrive en Occident au XIe siècle, cela relance l'étude du magnétisme.

L'usage de l'électricité produite par des êtres vivants

L'électricité produite par des êtres vivants, en particulier des poissons électriques, est également connue depuis l'Antiquité. On trouve par exemple des bas-reliefs de l'Égypte antique représentant des poissons-chats électriques. Par ailleurs, une mosaïque de Pompéi représente une torpille commune. Scribonius Largus, sous le règne de l'empereur Claude Ier (41-54 après J.-C.) décrit un traitement contre la migraine ou contre la goutte qui utilise les décharges électriques produites par une torpille.

Les XVIIe et XVIIIe siècles : un tournant historique

Au XVIe siècle, William Gilbert, médecin de la reine d’Angleterre, donne le nom d’**électricité** au phénomène.

En 1733, l'intendant Du Fay, examinant l'attraction et la répulsion de corps électrisés par frottement, distingue une électricité positive et une électricité négative (électricité *résineuse*, électricité *vitreuse*).

En 1752, Benjamin Franklin démontre que la foudre est un phénomène dû à l'électricité et invente le paratonnerre pour s'en protèger.

En 1785, Charles de Coulomb présente un deuxième mémoire à l'Académie des sciences, dans lequel il expose la loi selon laquelle les corps chargés électriquement interagissent.

L'électricité statique: premières découvertes

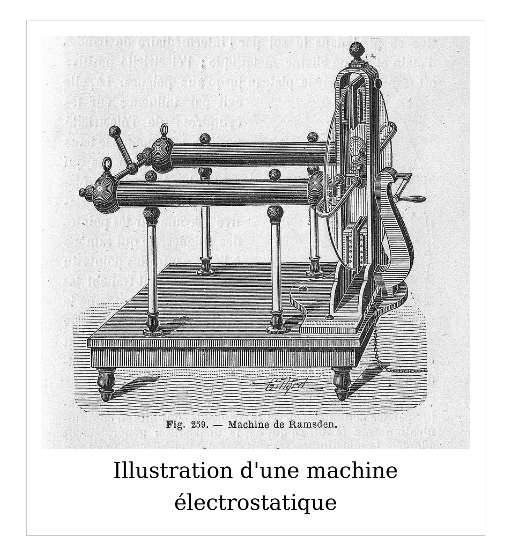


Illustration d'une machine électrostatique

Les premières recherches concernant l'électricité, avant l'avènement de l'électromagnétisme, se focaliseront sur les phénomènes électrostatiques. Avec la production d'électricité par des machines à frottement peuvent commencer les premières expérimentations concrètes. Ramsden ou Wimshurst qui fabriquent les premiers générateurs électrostatiques, la découverte des condensateurs, les connaissances concernant les propriétés chimiques, calorifiques et lumineuses du courant électrique se précisent.

XIXe siècle et électromagnétisme

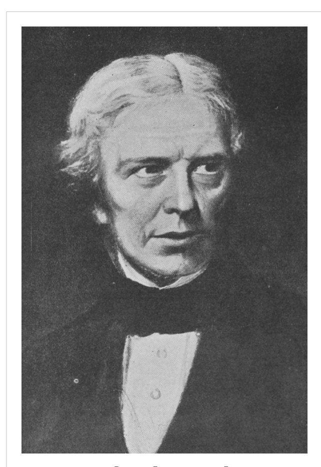
Les développements de l'électromagnétisme


André-Marie Ampère

En 1820, Hans Christian Ørsted découvre la relation entre électricité et magnétisme[1] , dont les lois seront décrites par André-Marie Ampère, Michael Faraday, Jean-Baptiste Biot et Félix Savart, pour être finalement mises en forme par James Clerk Maxwell.

En 1831 Michael Faraday (1791-1867) découvre l'induction électromagnétique : la création d'un courant dans un conducteur à partir d'un champ magnétique.

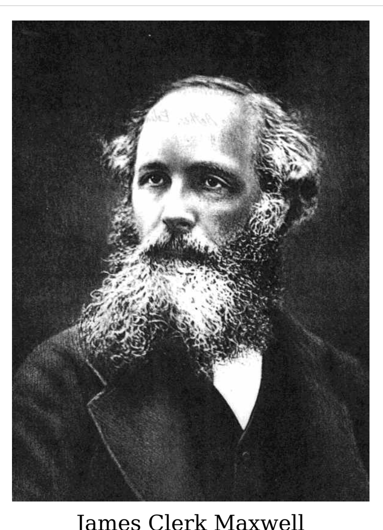
En 1832 Hippolyte Pixii, constructeur d'instruments de physique à Paris, réalise la première machine électrique à induction comprenant un aimant tournant en face des pôles d'un électroaimant fixe. C'est un générateur de courant alternatif qui permet d'obtenir du courant continu grâce au commutateur de M. Ampère (deux demi-bagues fixées à l'axe permettant l'inversion de la polarité). C'est déjà l'amorce d'un collecteur à lames. Joseph Henry observe l'étincelle se produisant à l'ouverture d'un circuit électrique et nomme ce phénomène extra-courant de rupture. C'est la découverte de l'auto-induction.


Michael Faraday

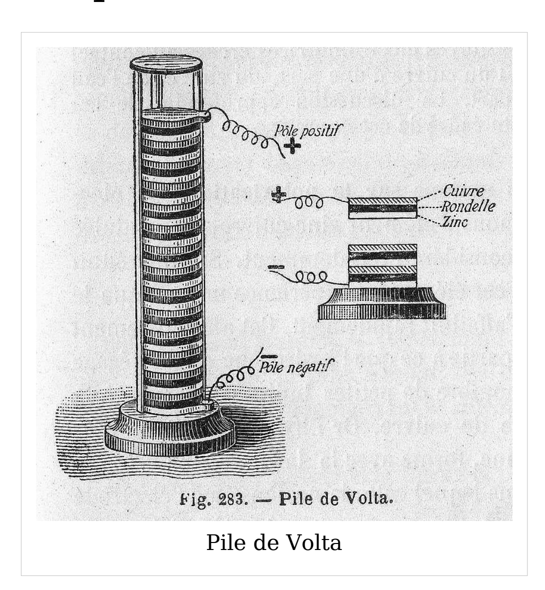
En 1833 Heinrich Lenz (1804-1865), physicien russe d'origine allemande, établit la loi qui donne le sens du courant induit.

En 1865 James Clerk Maxwell publie son traité d'électricité et de magnétisme, véritable fondement de l'électromagnétisme moderne. Les fameuses « équations de Maxwell » sont établies.

En 1885 Galileo Ferraris, ingénieur italien, introduit le principe du champ tournant dans la construction des moteurs électriques.


James Clerk Maxwell

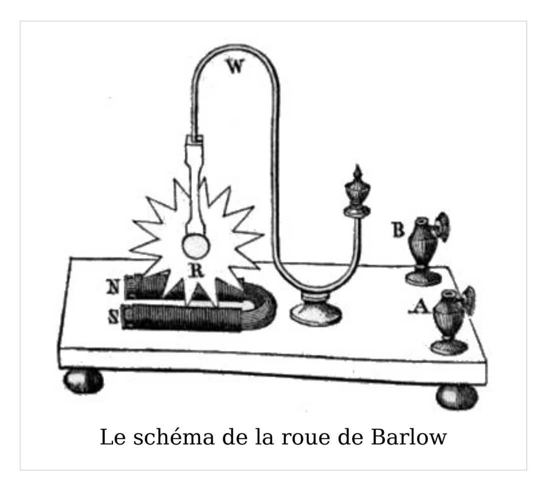
Les premières machines



Pile de Volta

En 1799, Alessandro Volta invente la pile électrique en empilant alternativement des disques de métaux différents (cuivre, zinc) séparés par des disques de feutre imbibés d’acide.

Peter Barlow (1776-1862) construit en 1822 ce qui peut être considéré comme le premier moteur électrique de l'histoire : la « roue de Barlow » qui est un simple disque métallique découpé en étoile et dont les extrémités plongent dans un godet contenant du mercure qui assure l'arrivée du courant.



Le schéma de la roue de Barlow

Le professeur russe Hermann von Jacobi construit en 1834 un moteur d'une puissance d'un cheval-vapeur qui propulsera un bateau à roue à aubes sur la Neva, à Saint-Pétersbourg. L'inducteur et l'induit sont des électroaimants en fer à cheval portés par une couronne mobile et une couronne fixe en regard l'une de l'autre. Le commutateur appelé « gyrotrope » inverse aux positions convenables l'excitation des

électro-aimants mobiles. Mais ce moteur est encombrant et, finalement, c'est l'américain Thomas Davenport qui sera le véritable inventeur de ce genre de machine. On doit à Jacobi la notion de « force contre-électromotrice ».

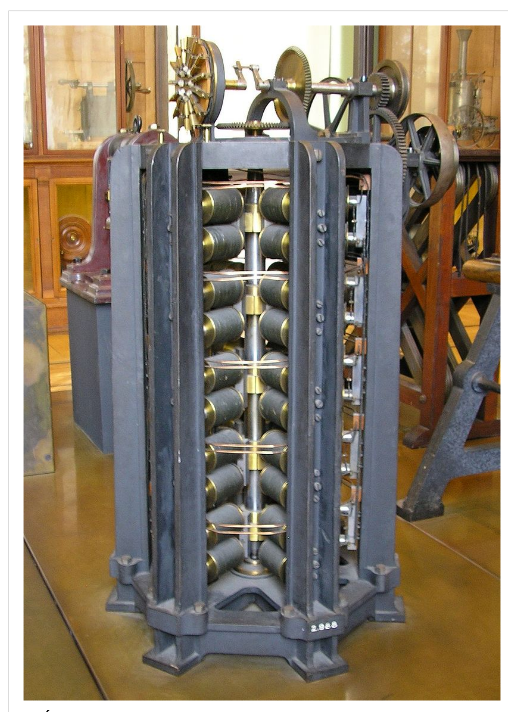
Charles Grafton Page expérimente un autotransformateur en 1835. La même année, Thomas Davenport, forgeron à Brandon dans le Vermont aux États-Unis, construit un des premiers véhicules électriques. Le moteur électrique était vraisemblablement un moteur du genre « piston simple effet de locomotive ».

Nicholas Joseph Callan réalise en 1837 le premier transformateur composé d'un primaire et d'un secondaire.

Charles Grafton Page construit en 1838 une bobine d'induction qui peut être considérée comme l'ancêtre de la bobine de Ruhmkorff. Construction d'un moteur électrique semblable au piston simple effet des machines à vapeur, la vapeur étant remplacée par deux électroaimants en U.

1840 voit l'arrivée du moteur électrique de Bourbouze. Les pistons d'une machine à vapeur sont remplacés par des électroaimants excités alternativement grâce à des contacts commandés par un tiroir « distributeur ».

Gustave Froment (1815-1865) construit la première machine à réluctance variable en 1845. Il s'agit d'un moteur rotatif comportant une couronne d'électro-aimants fixes qui attirent des barres de fer portées par une roue.


Électromoteur de Gustave Froment 1844

Heinrich Ruhmkorff met au point en 1856 la bobine qui porte son nom en se basant sur les travaux de ses prédécesseurs et en fait un instrument scientifique performant qu'il commercialise.

Gaston Planté (1834-1889) invente en 1859 l'accumulateur ou « pile réversible ». La même année Antonio Pacinotti (1841-1912) met au point une machine électrique constituée d'un anneau d'acier entouré d'un fil de cuivre, « *l'anneau de Pacinotti* ». C'est la base du moteur électrique et de la dynamo.

Antonio Pacinotti publie en 1865, dans le n°19 de la revue *Nuovo Cimento*, une communication sur un anneau tournant dans un champ magnétique. Cette invention préfigure l'induit des machines électriques dont il envisage l'utilisation aussi bien en génératrices qu'en moteurs. N'ayant pu dépasser le stade expérimental, ses réalisations restent sans suite.

L'Anglais Wilde réalise en 1868 la première machine dynamoélectrique ou dynamo. Il remplace, à la suite des travaux de Werner von Siemens, l'aimant permanent par un électro-aimant alimenté par une machine auxiliaire.

En 1869, l'inventeur belge Zénobe Gramme (1826-1901), né à Jehay-Bodegnée (province de Liège), rend possible la réalisation des génératrices à courant continu en imaginant le collecteur. Il améliore les premières versions archaïques d'alternateurs (1867) et devient célèbre en retrouvant le principe de l'induit en anneau de Pacinotti. En 1871, il présente à

l'Académie des sciences de Paris la première génératrice industrielle de courant continu, que l'on appela machine de Gramme et qui était en fait une magnéto.

La diffusion de l'électricité



Première lampe électrique à incandescence

En 1878, Thomas Alva Edison, inventeur américain, fonde l'Edison Electric Light Co. à New York. En 1879, il présente sa première lampe électrique à incandescence (avec filaments de carbone) qui reste allumée 45 heures.

En 1879, une centrale hydraulique de 7 kW est construite à Saint-Moritz.

En 1881, la France organise, entre le 1er août et le 15 novembre, une Exposition internationale d'électricité[2] qui consacre la naissance de l'électrotechnique, soulignée par un Congrès international des électriciens qui siège à Paris du 15 septembre au 19 octobre. La grande nouveauté est l'emploi industriel de la dynamo Gramme.

En 1882, Edison inaugure les premières « usines électriques » (production de tensions continues) construites à Londres (Holborn Viaduct) et New York (Pearl Street : 110 V, 30 kW). Première ligne de transport d'énergie électrique en Allemagne en courant continu : d'une longueur de 59km elle alimente sous 2400V.

En 1883, une expérience de transport d'électricité est lancée à Grenoble sur une distance de 14 km.

En 1884, Lucien Gaulard (1850-1888), jeune électricien français, chimiste de formation, présente à la Société française des électriciens un « générateur secondaire », dénommé depuis transformateur. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'adresse à l'Anglais Gibbs et démontre à Londres le bien-fondé de son invention. En 1883, Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs réussissent à transmettre pour la première fois, sur une distance de 40 km, du courant alternatif sous une tension de 2 000 volts à l'aide de transformateurs avec un noyau en forme de barres.

En 1884, Lucien Gaulard met en service une liaison bouclée de démonstration (133 Hz) alimentée par du courant alternatif sous 2 000 volts et faisant l'aller-retour de Turin à Lanzo (80 km). On finit alors par admettre l'intérêt du transformateur, qui permet d'élever la tension délivrée par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension. La reconnaissance de Gaulard interviendra trop tardivement car, entre-temps, des brevets ont été pris aussi par d'autres. Le premier brevet de Gaulard en 1882 n'a même pas été délivré en son temps, sous prétexte que l'inventeur prétendait pouvoir faire « quelque chose de rien » ! Gaulard attaque, perd ses procès, il est ruiné et finit ses jours dans un asile d'aliénés. Le transformateur de Gaulard de 1886 n'a pas grand chose à envier aux transformateurs actuels, son circuit magnétique fermé (le prototype de 1884 comportait un circuit magnétique ouvert, d'où un bien médiocre rendement) est

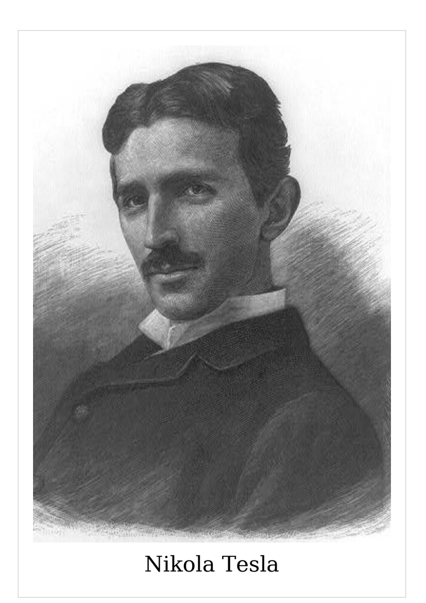
constitué d'une multitude de fils de fer annonçant le circuit feuilleté à tôles isolées.

Ainsi, en 1885, les Hongrois Károly Zipernowsky, Miksa Déry et Otto Titus Bláthy mettent au point un transformateur avec un noyau annulaire commercialisé dans le monde entier par la firme Ganz à Budapest. Aux États-Unis d'Amérique, W. Stanley développe des transformateurs.

En 1885, Galileo Ferraris, ingénieur italien, introduit le principe du champ tournant dans la construction des moteurs électriques.

Production et distribution : le temps des ingénieurs

Les travaux d'un grand nombre de scientifiques entre 1860 et 1890 conduisirent à l'apparition de machines capables de produire de l'énergie électrique en grande quantité, ainsi qu'à la possibilité de la transporter sur de longues distances.



Nikola Tesla

Les conflits internationaux de cette époque expliquent pourquoi il est difficile d'attribuer à telle ou telle personne la paternité d'une invention : des scientifiques comme Nikola Tesla ou Lucien Gaulard dont on est sûr qu'ils ont inventé respectivement les machines à courant alternatif et le transformateur (éléments essentiels de la production et du transport électrique) sont morts dans la misère, dépossédés de leurs brevets par d'autres ingénieurs bien meilleurs financiers.

On peut considérer que l'invention de la machine à courant continu, brevetée par le Belge Zénobe Gramme doit beaucoup aux travaux de l'italien Antonio Pacinotti et de l'Allemand Ernst Werner von Siemens. Améliorée et commercialisée aux États-Unis par Thomas Edison, son emploi fut défendu en Europe par de nombreux ingénieurs (dont Marcel Deprez) et des financiers qui y avaient intérêt. Face aux tenants de la production et du transport en courant alternatif, ce lobby puissant fit son possible pour imposer le courant continu. Edison, par exemple, en déconseillait formellement l'usage en ville en raison d'un « risque d'électrocution par induction » pour les utilisateurs du téléphone.

C'est Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs qui, en 1883, réussissent les premiers à transporter de l'énergie électrique sur une distance de 40 km grâce à un courant alternatif généré sous une tension de 2 000 volts. Le transformateur, inventé par Gaulard, permet d'augmenter fortement la tension au détriment de l'intensité du courant et donc de diminuer énormément les pertes par effet Joule lors du transport sur de grandes distances.

En 1886 George Westinghouse (1846-1914), inventeur et industriel américain né à Central Bridge (État de New York), s'intéresse à l'électricité industrielle et fonde la Westinghouse Electric Corporation. Après avoir obtenu en 1887 un brevet pour un transformateur, il réalise à Buffalo un premier réseau à courant alternatif pour l'éclairage. Aux États-Unis, il obtient face à Edison le contrat d’installation de toute l’infrastructure électrique. C'est ainsi que dans le monde entier s'impose le courant alternatif pour la distribution de l'électricité. Cette invention va permettre de distribuer l'énergie dans tout le territoire des pays développés et provoquer une seconde révolution industrielle. Aujourd'hui son groupe est devenu le numéro deux américain du secteur de la production de matériel électrique et

électronique, derrière General Electric. Il fabrique également des appareils ménagers et des postes de télévision, et a développé ses activités dans le nucléaire : le groupe a détenu le procédé PWR (Pressured Water Reactor) de production d'énergie nucléaire, qui est l'ancêtre du procédé mis en œuvre en France par EDF.

En 1886, la ville lumière de Bourganeuf en Creuse est la première en France, voire en Europe, à inaugurer un éclairage électrique de l'ensemble des rues de la localité avec un site de production éloigné des lieux de consommation.

En 1887 Nikola Tesla (1856-1943), ingénieur en électronique yougoslave né à Smiljan, en Croatie, fonde une société pour la construction des alternateurs. Grâce à ses travaux, le courant alternatif va gagner la bataille du transport à distance et de l'utilisation du courant alternatif. Tesla préconise d'abord l'utilisation des courants polyphasés (1882) et réussit à créer un champ magnétique tournant qui permet d'entraîner en rotation une armature mobile tournante. En 1891, la première expérience pour le transport d'énergie à grande échelle est faite en Allemagne. C'est la réalisation d'une ligne longue de 175 kilomètres entre Lauffen-sur-le-Neckar et Francfort-sur-le-Main. Et le rendement atteint est déjà de 75 % ! Il imagine en 1890 le premier montage produisant un courant à haute fréquence. Tesla poursuit des travaux de recherches. On lui doit le fameux montage Tesla dans le domaine de la radioélectricité mais cela n'empêche pas, malgré d'autres inventions, qu'il ne finisse lui aussi ses jours dans la misère. On a donné son nom à l'unité d'induction magnétique dans le système SI, le tesla (symbole T).

L'examen de l'état de l'art tel que publié dans le *Dictionnaire de l'électricité* de *R. Lefèvre* (1895) montre la très grande créativité de cette époque concernant les usages de l'électricité, avec nombre d'applications aujourd'hui disparues comme :

- légère électrolyse du contenu des cuvettes de chasse d'eau pour donner à l'eau des propriétés désinfectantes ;
- vêtements électriques ;
- allume-bougies électrique ;
- « théâtrophone » dans les rues.

Michail Ossipowitsch Doliwo-Dobrowolski, électricien russe, invente en 1889 le premier moteur asynchrone à courant triphasé à cage d'écureuil (construit industriellement à partir de 1891). En fait le moteur asynchrone était « dans l'air ». Qui fut réellement son inventeur ? Tesla, Ferraris ou Doliwo-Doborwolski ? Cette même année voit la mise en service de la première ligne de transport en courant alternatif aux États-Unis : Oregon city - Portland. D'une longueur de 21 km, elle alimente sous 4 kV.

1890 Mise en service de la première locomotive électrique de métro à Londres.

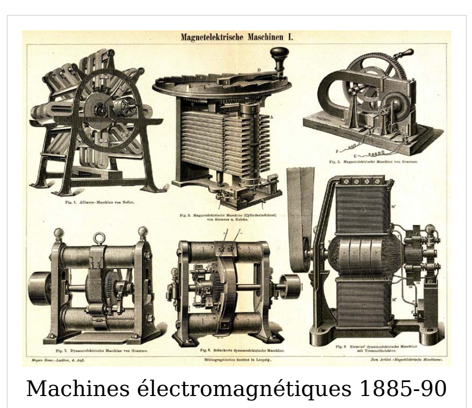
1891 Allemagne : première installation de transmission de courant triphasé (15 kV, 40 Hz) entre une centrale hydraulique située à Lauffen-sur-le-Neckar et Francfort sur une distance de 175 km (pertes de transport de 25 %).

1894 Électrification des tramways zurichois.

1899 Premier chemin de fer d'Europe entièrement électrifié des Chemins de fer Berthoud-Thoune (40 km ; 750 V ; 40 Hz).

Progrès du XXe siècle

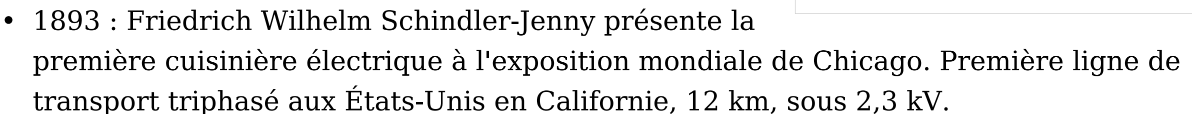
1897, Joseph John Thomson démontre l'existence et le rôle de l’électron.



Machines électromagnétiques 1885-90

La fée électricité entre dans les foyers

- 1887 : François Borel, ingénieur constructeur suisse, conçoit le premier compteur à induction à courant triphasé.
- 1888 : Friedrich Wilhelm Schindler-Jenny résidant en Autriche conçoit le premier fer à repasser électrique.
- 1893 : Friedrich Wilhelm Schindler-Jenny présente la première cuisinière électrique à l'exposition mondiale de Chicago. Première ligne de transport triphasé aux États-Unis en Californie, 12 km, sous 2,3 kV.



- 1896 : Les entreprises électriques installent les premiers compteurs à tarif unique chez leurs clients.



- 1903 : La firme Landis & Gyr fabrique le premier compteur à double tarif.



- 1906 : Le premier aspirateur électrique est commercialisé sous le nom de « pompe à dépoussiérage ».
- 1911 : Première ligne 110 kV, de Lauchhammer à Riesa en Allemagne
- 1920 : Les machines à laver sont équipées d'un moteur électrique.



Développement du réseau

1923 Une ligne aérienne à 220 kV est mise en service pour la première fois aux États-Unis.

1924 Début de la construction d'une ligne aérienne nord-sud à 110 kV reliant les centrales allemandes à charbon situées près du Rhin aux centrales hydrauliques alpines. Le premier tronçon de Neuenahr à Rheinau est équipé de pylônes à 380 kV — une augmentation ultérieure de la puissance étant ainsi garantie (mise en service partielle en 1929 avec 110 kV et en 1930 avec 220 kV).

1932 Première ligne 287 kV, aux États-Unis de Boulder Dam à Los Angeles.

1937 Le premier turbo-alternateur refroidi à l'hydrogène est mis en service aux États-Unis (puissance de 100 MW).

1952 Première ligne 380 kV, en Suède de Harsprånget à Halsberg.

1960 Première ligne 525 kV en URSS, de Moscou à Volgograd.

1965 Première ligne 735 kV, au Canada de Montréal à Manicouagan.

1965 « Black-out » : le 9 novembre, New York est restée 13 heures sans électricité après que la foudre fût tombée sur une ligne à 345 kV.

1967 Raccordement au réseau de la première centrale marémotrice du monde (240 MW) située sur l'estuaire de la Rance (France).

1967 Les réseaux à très haute tension (380 kV) de la France, de la République fédérale d'Allemagne et de la Suisse sont interconnectés pour la première fois à Laufenbourg.

1983 Mise en service de la première grande installation éolienne à Growian près Brunsbüttel (Allemagne) (rotor de 100 m de diamètre ; arrêt en 1986 à la suite de

problèmes de matériau).

2003 14 août : Black out aux États-Unis, environ 50 millions de personnes sont restées sans électricité durant deux jours.

2003 28 septembre : en Italie, 57 millions de personnes sans électricité pendant deux heures.

2006 4 novembre : Environ 10 % de la population française a été plongée dans le noir pendant près d'une heure. En Allemagne plusieurs centaines de milliers d'habitants en Rhénanie-Westphalie ont été touchés, de même en Belgique et en Italie du nord. [3]

L'électronucléaire

1955 En Angleterre, mise en exploitation commerciale de la première centrale nucléaire (9 MW) à Calder Hall.

1978 Un grave incident survient dans la centrale nucléaire de Three Mile Island près de Harrisburg (États-Unis) (sans conséquences pour l'environnement).

1986 Un grave accident survient dans la centrale nucléaire de Tchernobyl (République d'Ukraine).

Voir aussi

- Sciences grecques
- Histoire de l'électrophysiologie

Bibliographie

- Colin Ronan, *Histoire mondiale des sciences*, Édition du Seuil, Coll. *Points*, série *Sciences*, 1988
- Caron François et Cardot Françoise, *Histoire de l'électricité en France*, tome premier 1881-1918, Édition Fayard, 1991
- Joseph Priestley, *The History and present state of electricity, with original experiments*, 1767.
- Alain Beltran, *La fée Electricité*, Édition Gallimard, Collection *Découvertes*, série *Sciences et Techniques*, 1991

Liens externes

- **(fr)** @.Ampère et l'histoire de l'électricité [4] un site web sur le domaine réalisé par le CRHST, un laboratoire du CNRS.
- **(fr)** Site de l'IEC, *CEI - Histoire*, « Histoire de l'électricité de 1820 à 1904 » [5]
- **(fr)** ENS Cachan, *Historique des machines électromagnétiques et plus particulièrement des machines à réluctance variable*, Bernard Multon, **[pdf]** [6]

Références

[1] L'expérience de Hans-Christian Œrsted (1820) (http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/zoom/oersted/index.php) (video, documents historiques)
[2] **(fr)** *Exposition internationale d'électricité* (http://cnum.cnam.fr/CGI/fpage.cgi?4KY15.14/171/100/324/33/254)
[3] La France subit une coupure d'électricité de grande ampleur l'article sur Wikinews
[4] http://www.ampere.cnrs.fr/
[5] http://www.iec.ch/about/history/articles/fr/world_of_electricity-f.htm
[6] http://www.bretagne.ens-cachan.fr/pdf/mecatronique/Page_SystemesEM_HautesPerf/HistoriqueMRV_Multon3EI1995.pdf

Article Sources and Contributors

Histoire de l'électricité *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=42507313 *Contributeurs*: Ascaron, B2H35, BL, Badmood, Balougador, Barraki, Belgavox, Ben D, Biem, Bob08, Caristo 2, Chevassu, Clem23, Céréales Killer, Daniel*D, David Berardan, Dingy, Dnj, DocteurCosmos, Doublehp, Eden2004, Elemiah, Eric.dane, Evpok, Fabrice Ferrer, Fekist, GRAND OUTCAST, Gede, GillesC, Grondin, Hautevienne87, IAlex, Jd, Jean-René Godard, Jef-Infojef, Jerome66, Kokin, Langladure, Laurent Nguyen, Leag, Litlok, M LA, Markadet, Martin, Medium69, Moyg, P.loos, PNLL, Pabix, Phi-Gastrein, Pingui-King, Pj44300, Plussoie, Pulsar, Pymouss, RM77, Raph, Rune Obash, Sanao, Sand, Sherbrooke, Ske, Spedona, Spooky, Stéphane33, Surveyor, VIEILLEFOSSE, VIGNERON, Valrog, Verbex, Xofc, Yelkrokoyade, Yves-Laurent, Zedh, 119 modifications anonymes

Image Sources, Licenses and Contributors

Image:Amber Bernstein 3 stones.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Amber_Bernstein_3_stones.jpg *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: uploaded with permission from User Lanzi by Ra'ike on de.wikipedia

Image:Résine électrostatique.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Résine_électrostatique.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Gillard

Image:Boussole de poche.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Boussole_de_poche.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Gillard

Image:Paratonnerre de Franklin.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Paratonnerre_de_Franklin.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Gillard

Fichier:Machine de Ramsden.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Machine_de_Ramsden.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Gillard

Fichier:Andre-Marie Ampere.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Andre-Marie_Ampere.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: Alma Pater, Gabor, Kilom691, Otourly, Plugwash, Wutsje, 霧木諒二

Fichier:SS-faraday.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:SS-faraday.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: Frobles, Luigi Chiesa, Paddy, Red Rooster, Serinde, 1 modifications anonymes

Fichier:james clerk maxwell.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:James_clerk_maxwell.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Kilom691, Loveless, Papa November

Fichier:Pile de Volta.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Pile_de_Volta.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Gillard

Fichier:Diagram of barlow's wheel.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Diagram_of_barlow's_wheel.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: Kelson, 1 modifications anonymes

Fichier:Electromoteur de Gustave Froment-1844.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Electromoteur_de_Gustave_Froment-1844.jpg *Licence*: inconnu *Contributeurs*: Yves-Laurent Allaert

Fichier:Edison bulb.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Edison_bulb.jpg *Licence*: GNU Free Documentation License *Contributeurs*: Uploaded at enwp by User:Alkivar

Fichier:Nikola Tesla.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Nikola_Tesla.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Photographed by Napoleon Sarony and engraved by T. Johnson

Fichier:Meyers b11 s0078a.jpg *Source*: http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Meyers_b11_s0078a.jpg *Licence*: Public Domain *Contributeurs*: Man vyi, Red Rooster, WikipediaMaster

Licence